

Ю. В. Реков

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ Si-ЗАТРАВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

*В статье описаны результаты исследований технологии выращивания кремниевых затравок (Si-затравок) для процесса получения поликристаллического кремния электронного качества. Изучены закономерности и тепловые условия кристаллизации кремния, обеспечивающие качественные характеристики процесса водородного восстановления хлоридов кремния. Предложена методика выполнения экспрессного контроля поликристаллического кремния по определению содержания примеси бора*

**Ключевые слова:** кремний, примеси, бестигельная зонная плавка, водородное восстановление силанов

### 1. Введение

Кремний продолжает оставаться основным исходным материалом в производстве полупроводниковых приборов и фотопреобразователей для солнечной энергетики. В настоящее время основную долю поликристаллического кремния электронного и солнечного качества, получаемого в мировой промышленности (80...90 %), производят методом водородного восстановления трихлорсилана, а (10...20) % кремния - из тетрахлорсилана и моносилана. Наиболее распространен и хорошо отработан метод производства поликристаллического кремния с использованием процесса и реактора “Сименс”, которые используются уже более 50 лет. Этот метод является наиболее распространенным и используется основными производителями кремния: Hemlock, США; Wacker, Германия, а также новыми продуцентами (PV Crystalox, Германия и др.) в Китае, Южной Корее, Тайване, России, Индии, Италии и др. По данным [1] в 2005 году 91 % кремния солнечного качества было произведено по традиционной “Сименс”- технологии, 9 % - из силана по FBR - технологии [FBR (fluidized bed reactor) – в реакторе кипящего слоя].

### 2. Постановка проблемы

Исследование по усовершенствованию технологии и аппаратуры для выращивания из расплавленной индуктором кремниевой заготовки-пьеDESTALA прутков-заготовок с пониженным уровнем остаточных термических напряжений.

### 3. Основная часть

#### 3.1. Анализ литературных источников по теме исследования

В работе [1] Рассмотрены технологии

поликристаллического кремния для производства кремния для солнечных батарей. Отмечается тенденция выделения производства поликристаллического кремния для солнечной энергетики в отдельную, специфичную отрасль.

В рамках исследования термонапряженного состояния массивного кремниевого стержня в процессе его получения водородным восстановлением трихлорсилана показано [2, 3], что основной причиной механической напряженности кремния является перепад температуры между центральной частью и поверхностью стержня, а уровень напряжений пропорционален перепаду температур. В работе [4] предложена методика производить экспрессный метод контроля поликристаллического кремния по содержанию примеси бора.

При изучении влияния технологических режимов выращивания на характеристики кремниевых основ для водородного восстановления трихлорсилана установлено [5], что основной причиной механической напряженности кремния является перепад температуры между сердцевиной и поверхностью стержня, а уровень напряжений пропорционален перепаду температур.

#### 3.2. Результаты исследований

В рамках проведенных исследований показано, показано, что напряжения распределены в стержне неравномерно: наибольшие напряжения имеют место в центральных областях стержня при  $0 < r/r_0 \leq 0,3$  и на его периферии  $0,9 \leq r/r_0 \leq 1,0$ , что должно накладывать определенные ограничения на выбор технологических режимов. Суммарный вектор напряжений сложным образом меняет свое направление в трехмерном пространстве кремниевого стержня в функции от его радиуса, что является, по-видимому, причиной наблюдаемой на практике сложной и разнообразной картины расположения

трещин. В целом проблема повышения выхода массивных кремниевых стержней без трещин только за счет выбора технологических режимов их получения решена быть не может. Необходим комплексный, системный подход к решению данной задачи, учитывающий все факторы, влияющие на систему, включающую в себя неравномерно нагретые кремниевые стержни, неоднородность их прочностных свойств, конструкцию реактора и технологические режимы процесса осаждения и, главным образом, охлаждения выращенных стержней. Признано целесообразным применять экранирование прутков-подложек в процессе выращивания от потока испаряющихся атомов кремния. Одним из направлений предлагается направленная откачка паров кремния вакуумной системой с более высокой, в сравнении с

## TECHNOLOGY OPTIMIZATION SI-PRIMER FOR PRODUCTION OF POLYCRYSTALLINE SILICON

G. Rekov

In the articles described results of researches of technology of growing of primer are from silicon (Si-growth) for the process of receipt of poly-silicon of electronic quality. Conformities to the law and thermal terms are studied which provide crystallizations of silicon of, high-quality descriptions of process of hydrogen renewal of chlorides of silicon. The method of implementation of express control of poly-silicon is offered on determination of maintenance of admixture of the coniferous forest

**Keywords:** silicon, admixtures, float zone melting, hydrogen renewal of silicon chloride

*George Rekov, graduate student of department of metallurgy of the colored metals of the Zaporozhe state engineering academy, General director PJSC «Factory of semiconductors», Zaporozhe, tel.: +380503265925, e-mail: <http://www.activsolar.ua>*

## Литература

1. Яркий, В.Н. Кремний для солнечной энергетики: конкуренция технологий, влияние рынка, проблемы развития [Текст] / В.Н. Яркий, О.А. Кисарин, Ю.В. Реков, И.Ф. Червоный // Теория и практика металлургии, 2010. - № 1-2 (74-75). - С. 114-126.
2. Кисарин, О.А. Трещинообразование в кремниевом стержне большого диаметра [Текст] / О.А. Кисарин, В.Н. Яркий, Ю.В. Реков, И.Ф. Червоный // Металлургия. Збірник наукових праць – Запоріжжя: ЗДІА, 2010. – Вип. №21. – С. 125-131.
3. Кисарин, О.А. Исследование термонапряженного состояния массивного кремниевого стержня [Текст] / О.А. Кисарин, В.Н. Яркий, Ю.В. Реков, И.Ф. Червоный // Теория и практика металлургии, 2010. - № 3-4 (74-75). - С. 117-120.
4. Реков, Ю.В. Экспрессный метод контроля качества кремния [Текст] / Ю.В. Реков, И.Ф. Червоный // Теория и практика металлургии, 2009. - № 5-6 (72-73). - С. 45-48.
5. Червоный, И.Ф. Влияние технологических режимов выращивания на характеристики кремниевых основ для водородного восстановления трихлорсилана [Текст] / И.Ф. Червоный, Ю.В. Реков, С.Г. Егоров, О.А. Кисарин, Р.Н. Воляр // Металлургия. Збірник наукових праць – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. Вип. № 23. – С. 135-141.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ SI-ЗАТРАВОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ

Ю. В. Реков

У статті описані результати досліджень технології вирощування затравок з кремнію (Si-затравок) для процесу отримання полікристалічного кремнію електронної якості. Вивчені закономірності і теплові умови кристалізації кремнію, що забезпечують якісні характеристики процесу водневого відновлення хлоридів кремнію. Запропонована методика виконання експресного контролю полікристалічного кремнію за визначенням змісту домішки бору

**Ключові слова:** кремній, домішки, бестигельная зонная плавка, водневе відновлення силанів

*Юрій Васильович Реков, аспірант кафедри металургії кольорових металів Запорізької державної інженерної академії, Генеральний директор ПрАТ «Завод напівпровідників», м. Запоріжжя, тел.: +380503265925, e-mail: <http://www.activsolar.ua>*